Colloques internationaux du C. N. R. S.
N° 303. — MIGRATIONS ORGANO-MINÉRALES
DANS LES SOLS TEMPÉRÉS

ÉTUDE PAR AUTORADIOGRAPHIE DE L'ENFOUISSEMENT D'UNE LITIÈRE MARQUÉE AU ^{14}C EN MILIEU HERBACÉ

S. DIETZ* et P. BOTTNER*

RESUME. – Une litière uniformément marquée au ^{14}C est disposée à la surface d'un sol dans une formation herbacée à *Brachypodium phoenicoides* sur sol brun calcaire, sous climat méditerranéen humide du Sud de la France. Durant deux ans, le dispositif expérimental a permis d'étudier : sa vitesse de disparition en fonction du temps, l'illuviation de composés hydrosolubles, l'incorporation par les vers de terre (*Nicodrilus meridionalis*). La répartition du radiocarbone à travers le sol a été étudiée par autoradiographie sur des monolithes et le but du travail est de montrer les possibilités de cette technique comparée aux méthodes radiométriques. Le rythme de disparition de la litière est très variable suivant la nature du matériel végétal (la moitié de la litière de Ray grass disparaît en 6 semaines alors qu'il faut 14 semaines pour une litière de *Brachypodium phoenicoides*). Dans les deux cas, la disparition peut être modélisée par une fonction logarithmique. Parmi les composés marqués qui pénètrent dans le sol, ceux qui sont illuviés sous forme hydrosoluble représentent la plus grande proportion. Ils apparaissent dès les premières semaines de mise en place de la litière ; ils ne persistent dans le sol que pendant une période relativement courte. Ils ne pénètrent que dans les 5 cm supérieurs du sol. La méthode autoradiographique ne permet pas de distinguer les composés organiques marqués des carbonates ou bicarbonates marqués. Le traitement du sol par acide montre que peu de $^{14}CO_2$ était fixé sous forme de carbonates. La proportion de litière incorporée par les vers de terre est moins importante. Elle est essentiellement localisée dans les 10 premiers centimètres du profil, et en particulier dans les turricules de surface. Les autoradiogrammes permettent de distinguer deux constituants : les particules de litière qui traversent le tube digestif des vers de terre et qui subsistent dans les fécès encore fortement marquée en ^{14}C, des composés beaucoup moins marqués et plus homogénéisés qui pourraient correspondre aux composés humifiés mélangés au sol ou au mucus excrété par les vers.

SUMMARY. – An uniformally ^{14}C labelled litter was laid on the soil surface in grassland (*Brachypodium phoenicoides*) of a calcareous brown soil in southern France (humid Mediterranean climate). For a period of two years, a study was made of the decrease in litter material, the leaching of water-soluble constituants and the incorporation by earthworms. The distribution of ^{14}C in the soil was studied by the autoradiographic method on soil cores. The purpose of the present study was to show the advantage of that technique compared with ^{14}C counting. The rate of litter decay depends on the nature of the plant material : half of the ray-grass litter disappeared after 6 weeks whereas 14 weeks were needed in order to decompose *Brachypodium phoenicoides*. In both cases, the decrease showed a logarithmic function. The greatest part of the labelled material that moved into the soil was leached water-soluble constituants. They occured right at the beginning of the experiment but remained in the soil only a short time. They only penetrated the upper 5 cm of the soil. The autoradiographic method did not make it possible to distinguish between labelled organic matter and labelled calcium carbonates. The treatment of the soil with acid, however, showed that very little labelled carbon dioxide was fixed in carbonates. A smaller part of litter was buried by earthworms principally in the upper 10 cm of the soil and was mainly concentrated in the earthworms faeces. The autoradiograms make it possible to distinguish two components : firstly litter particles which go through the earthworms alimentary canal and which persist in the highly ^{14}C labelled faeces and secondly less labelled and more homogeneous compounds which might correspond to the humified compounds mixed in the soil or to the mucus excreted by the earthworms.

ZUSAMMENFASSUNG. – Eine, mit ^{14}C gleichmässig markierte Streu wurde auf die Oberfläche einer Kalkbraunerde eines *Brachypodium phoenicoides* Rasens gebracht. Während zwei Jahren, wurden die Verrottung die Einwaschung von wasserlöslichen Substanzen, die Inkorporation durch Regenwürmer (*Nicodrilus meridionalis*) studiert. Die Verteilung des ^{14}C im Boden wurde mit Hilfe der Autoradiographie von Monolithen beobachtet und einer der Zwecke dieser Arbeit war, die Möglichkeiten dieser Methode zu prüfen. Der Verrotungsrythmus von *Lolium perenne* (Ray-Grass) nötigte 6 Wochen ; die von *Brachypodium phoenicoides* dagegen, 14 Wochen. In beiden Fällen verlief die Zersetzung logarithmisch. Die markierten Substanzen die in den Boden gelangen sind haupsächlich wasserlösliche Produkte. Sie erscheinen während den ersten Wochen in den ersten fünf Zentimeter, sind aber sehr kurzlebend. Die autoradiographische Methode erlaubt es organische Substanzen von Karbonaten oder Bikarbonaten zu unterscheiden. Die Behandlung der Bodens mit Säure zeigr aber dass sehr wenig $^{14}CO_2$ durch Karbonat fixiert war. Der Anteil der durch Regenwürmer inkorporierten Streu ist weniger gross. Man findet letzte in den Exkrementen auf der Oberfläche, und bis zu 10 cm Tiefe. Die Autoradiogramme erlauben es zwei Kategorien von Bestandteilen zu unterscheiden ; Streureste die im Kot der Regenwürmer bestehen und stark radioaktiv sind, und, weniger radioaktive Substanzen die sich warscheinlich in dem mehr oder minder humifizierten Material oder im augesonderten Schleim der Würmer befinden.

(*) C.N.R.S. Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques, B.P. 5051, 34033 Montpellier Cédex.

L'utilisation de matériel végétal uniformément marqué au ^{14}C en vue de l'étude de la décomposition a montré que la minéralisation s'effectue selon deux phases, une rapide et une lente qui répondent à des fonctions exponentielles. Les expériences au champ ont été réalisées sous des conditions climatiques et dans des types de sol très divers. (Jenkinson, 1965 ; Fuhr et Sauerbeck 1968 ; Shields et Paul, 1973 ; Jenkinson et Ayanaba, 1977 ; Sauerbeck et Gonzalez, 1977). L'importance du facteur climat et du facteur sol est encore contreversée. Le but de ces recherches est d'expliquer le renouvellement de la matière organique des sols. Ceci n'est pas facile ; en effet, même si les premières expériences dans ce domaine durent maintenant depuis plus de dix ans, elles sont brèves en comparaison de l'âge considérable de certaines fractions de composés organiques du sol. Une intégration de ces données dans le renouvellement de la matière organique des sols a été tentée par Sauerbeck et Gonzalez (1977). Une autre difficulté provient du fait que nos techniques de fractionnement ont une signification encore douteuse pour expliquer la dynamique de la matière organique.

Dans ces dispositifs, le matériel végétal marqué (généralement de la paille de blé, du maïs ou du Ray-grass) est incorporé au champ d'une manière homogène dans les horizons organiques des sols. Les prélèvements sont rapprochés la première année, puis de plus en plus espacés les années suivantes. Ces modèles correspondent aux cas relativement simples de systèmes culturaux où le matériel végétal entre dans le compartiment sol soit par les racines soit par enfouissement des résidus de culture lors du labour. Dans les deux cas la décomposition a lieu uniquement dans le sol. En faisant abstraction des méthodes de fractionnement, deux compartiments sont généralement pris en considération: d'une part le matériel végétal + le matériel humifié qui subsistent dans le sol et d'autre part le CO_2 qui provient de leur minéralisation.

Dans les milieux non cultivés, tels que les formations naturelles herbacées ou forestières, le modèle est plus complexe, puisqu'il convient en outre, de tenir compte du compartiment litière. Ce travail concerne les milieux herbacés momentanément peu perturbés par l'homme ou les animaux. Sous conditions méditerranéennes du sud de la France, ces formations sont localisées sur sols calcaires. L'enracinement est profond et l'activité de la faune du sol est généralement importante en particulier celle des vers de terre capables d'enfouir la litière. La matière organique est donc distribuée profondément (Bottner, 1970). L'objet de ce travail est d'étudier le rôle que joue la litière herbacée dans la dynamique du profil organique. Les techniques utilisées consistent à marquer la litière au ^{14}C, sans marquer les racines et en perturbant le système sol-végétation le moins possible.

Dans le cas le plus simplifié, il convient donc ici de considérer au moins trois compartiments représentés dans la figure 1 :

- la litière présente trois sorties : la minéralisation directe, l'enfouissement par la faune du sol et en particulier les lombrics, enfin la formation et la migration de composés hydrosolubles ou pseudosolubles qui pénètrent dans le sol ;
- la matière organique est dans le cas présent distribuée dans trois horizons, sa durée de vie est fonction de son degré de minéralisation ;
- le compartiment $^{14}CO_2$ est considéré globalement, puisque le dispositif expérimental utilisé n'a pas permis de distinguer celui qui vient de la litière de celui qui vient du sol.

Ce modèle est donc très global, et les possibilités de fractionnement des composés organiques seront examinées ultérieurement.

I. MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation a été réalisée *in situ* dans une pelouse à *Brachypodium phoenicoïdes* du sud de la France (Région de Montpellier), sous climat méditerranéen humide à subhumide ; le sol formé sur marnes est de type sol brun calcaire (en A_1 mull calcaire pH 7,6 ; très argileux ; C 1,7 % ; C/N 13).

Le dispositif expérimental consiste en monolithes de sols avec vers de terre et en colonnes de sol sans vers.

Les monolithes avec vers de terre

Ce sont des cylindres de 30 cm de hauteur et 15 cm de diamètre, taillés sur place de telle façon que le sol ne soit pas perturbé et que la végétation herbacée initiale subsiste inchangée à la surface. Au fur et à mesure de leur dégagement, ils sont habillés par un tube de PVC de dimensions intérieures identiques. De la parafine fondue est coulée entre le tube en PVC et le monolithe afin d'éviter l'écoulement ou l'aération préférentielle le long de la paroi. Le monolithe est ensuite déchaussé à sa base, fermé à la partie inférieure par un filet de nylon (mailles de 1 mm). A chacun d'eux on ajoute 4 à 5 vers de

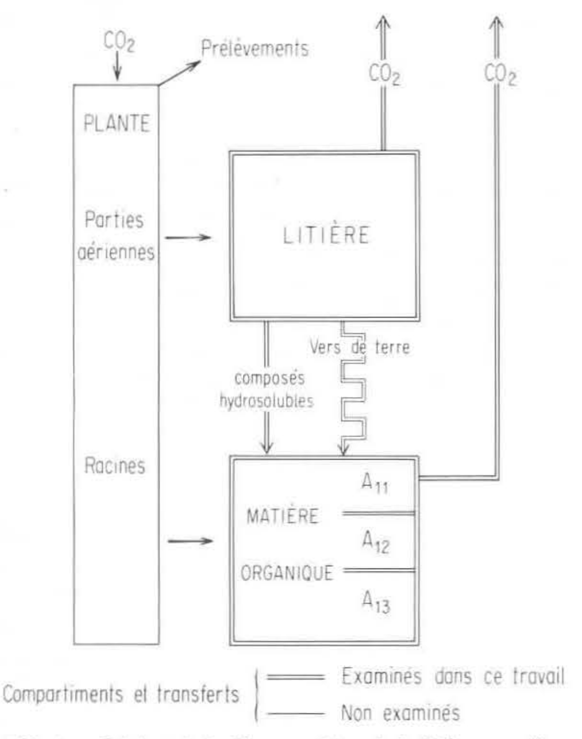


FIG. 1. – Schéma de la décomposition de la litière en milieu herbacé. Les différentes voies du carbone

terre (*Nicodrilus méridionnalis*) vivants et non blessés d'une biomasse totale d'environ 8 grammes. Le sol était suffisamment humide pour permettre aux lombrics de pénétrer. En outre à la surface de chaque monolithe et à la base de la végétation, on dispose en litière 10 g de matériel végétal marqué uniformément au ^{14}C coupé en morceaux de 1 cm de long. Chaque cylindre est prolongé à la partie supérieure par un manchon de 15 cm de haut en filet de nylon pour éviter la dispersion éventuelle de la litière ou le départ des vers de terre. L'ensemble des monolithes est ensuite remis en place dans une fosse pour que leur surface coïncide avec celle du sol environnant ; le restant de la fosse est comblé horizon par horizon ; au bout de 1 à 2 mois l'ensemble du tapis végétal était de nouveau homogène.

Les colonnes de sol reconstitué sans vers de terre

Elles serviront à étudier la décomposition en absence de lombriciens. Des cylindres de PVC de 30 cm de hauteur et 5,5 cm de diamètre intérieur sont remplis de sol tamisé à 2 mm par tranches de 10 cm en respectant les horizons successifs de sol initial. Chaque tranche de sol est tassée avec une pression suffisante pour reconstituer une densité apparente identique à celle du terrain ; l'humidité du sol est telle que les agrégats subissent le minimum de déformation. Les colonnes sont fermées à leur base par un filet de nylon. Chacune reçoit 1 g de litière marquée. Les quantités de litières sur colonnes et cylindres sont identiques compte tenu des surfaces respectives. Comme précédemment la dispersion latérale de la litière a été évitée. L'ensemble est également replacé sur le terrain dans une fosse en reconstituant le sol et la végétation environnante. Après 2 ou 3 mois, l'intérieur des quelques colonnes a été colonisé par la végétation.

Matériel marqué

La litière des monolithes ou des colonnes destinées aux analyses chimiques est constituée de Ray-grass uniformément marqué à 30 µCi/g de C, ou de *Brachypodium phoenicoïdes* également uniformément marqué à 30 µCi/g de C. Deux monolithes destinés à l'autoradiographie ont une litière de Ray-grass marquée à 80 µCi/g de C.

Prélèvement et découpage

Le dispositif a été mis en place en février 1978, lorsque le maximum de matériel mort existe apparemment dans ces formations herbacées. Le rythme des prélèvements est donné dans les figures 2 et 3. Ils sont fait en double excepté pour les monolithes destinés à l'autoradiographie prélevés en simple. Les colonnes sont découpées en trois horizons de 10 cm chacun. De même les monolithes sont découpés en trois horizons (0-10, 10-20, 20-30), en plus dans ce cas, chaque horizon est divisé verticalement en cinq parties (4 périphériques et une centrale). Cette subdivision a été utilisée pour tenir compte de l'hétérogénéité du sol dans son état naturel dans les monolithes et de l'hétérogénéité de l'activité des vers de terre. Les échantillons sont séchés, tamisés, broyés et homogénéisés puis décarbonatés pendant 12 heures par H_2SO_4 6N ; ils sont ensuite soumis à une analyse en double pour déterminer ^{14}C organique et C organique total (Bottner et Warembourg, 1976).

Autoradiographies

Les monolithes découpés en horizons de 0-10, 10-20 et 20-30 cm, sont séchés à 50°C puis imprégnés d'un mélange de 5/10 de résines, 4/10 de solvant et 1/10 de durcissant (*V*/*V*). L'imprégnation dure 4 heures sous vide partiel et à 0°C. Puis le matériel est stocké et la polymérisation des résines se poursuit durant un mois. Chaque

horizon est ensuite scié verticalement en lames parallèles de 1 cm d'épaisseur et les faces des lames sont polies. L'autoradiographie est réalisée par contact direct entre les faces des lames et un film Kodirex (Kodak) durant huit jours à l'obscurité. Les films sont révélés et fixés selon les méthodes classiques.

II. RESULTATS

A) Vitesse de disparition des litières marquées

A chaque monolithe ou colonne a été ajouté au temps 0 une quantité identique de litière marquée. Cependant le dispositif expérimental est tel que l'arrivée de la litière naturelle non marquée se poursuit, puisque la végétation initiale reste en place. La figure 2A présente les quantités de litière marquée qui subsistent à la

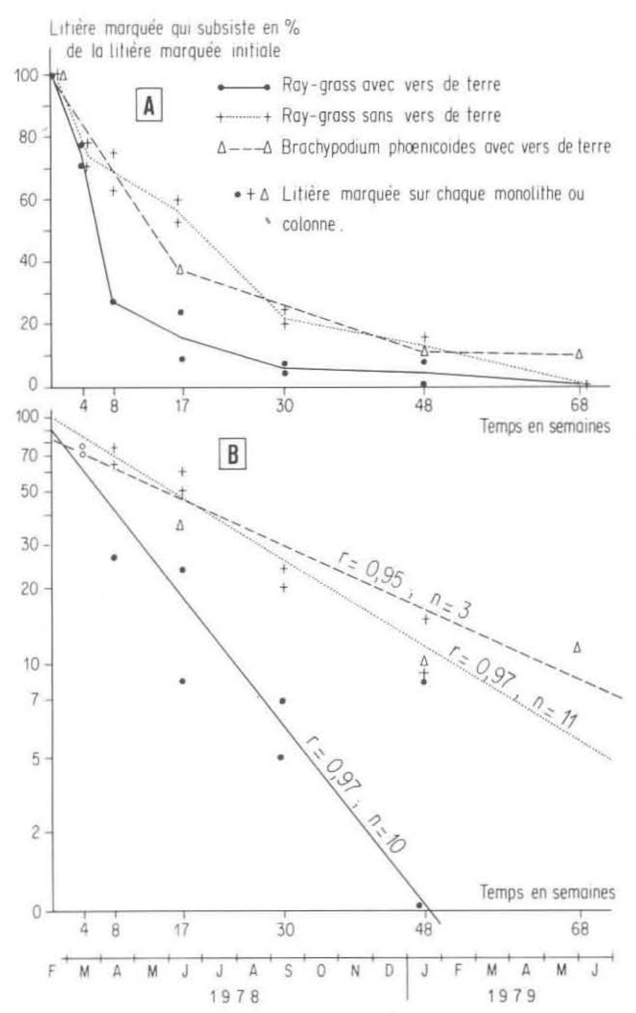


FIG. 2. – Vitesses de disparition des litières.
Ray-grass avec vers de terre RG_+ : Y 90,1 $e^{-0,103t}$; $T/2$ = 5,7. Ray-grass sans vers de terre RG_0 : Y 97,5 $e^{-0,044t}$; $T/2$ = 15. Brachypodium phoenicoïdes avec vers de terre BP + Y 80 $e^{-0,033}$; $T/2$ = 20, t = temps en semaines ; $T/2$ = temps de disparition de la moitié du matériel ; r = coefficient de corrélation ; n = nombre d'échantillons.

surface du sol en % de la litière marquée initiale. Ces courbes ont été ajustées à des fonctions exponentielles du type $Y = be^{-at}$ et la figure 2B montre que les coefficients de corrélation sont relativement élevés. Dans tous les cas, peu de litière marquée subsiste encore au bout d'un an : moins de 5 % pour le Ray-grass en présence de vers de terre, 10 % en leur absence et 11 % pour le *Brachypodium phoenicoïdes*. La demi-vie (half-live, temps de disparition de 50 % du matériel) est de 5,7 semaines pour le premier cas contre 20 semaines pour le second et de 15 semaines pour le Brachypode.

B) Distribution de la radioactivité dans les horizons du sol

Le ^{14}C entre dans le compartiment sol par les composés hydrosolubles et pseudosolubles ou par l'intermédiaire de la faune du sol. Il est distribué entre les horizons ou quitte le compartiment sous forme de CO_2. L'expérience a montré qu'il n'y avait pas de migration au-delà de 30 cm de profondeur.

La radioactivité retrouvée dans l'ensemble du profil (0-30 cm) et sa répartition entre les horizons (0-10, 10-20 et 20-30) sont données dans la figure 3. Le ^{14}C est essentiellement localisé en surface et les autoradiogrammes montreront qu'une grande proportion se situe entre 0 et 5 cm. Pour le Ray-grass et le Brachypode en présence de lombrics, on trouve moins de 3 % de radioactivité au-delà de 10 cm et en absence de vers moins de 1,5 %. Ces différences sont significatives.

Dans l'horizon de surface 0-10 cm, l'activité croît rapidement dans tous les cas. Dans la combinaison entrées-sorties, le bilan est nettement positif durant les premiers mois de l'expérience et correspond à la phase rapide de disparition de la litière. Le maximum est d'abord atteint dans le dispositif Ray-grass + lombrics, au bout de 17 semaines, à la fin du printemps, lorsque 85 % de la litière a disparu et que l'ensemble du système litière + sol a perdu 60 % de ^{14}C total sous forme de $^{14}CO_2$. Au delà de ce temps, il varie pendant très longtemps autour d'un pallier relativement élevé. Toujours en présence de vers de terre, mais avec *Brachypodium phoenicoïdes* le maximum apparaît tard : au bout de 48 semaines, en hiver et dans ce cas aussi 85 à 90 % de la litière a disparu, et 65 % du radiocarbone de l'ensemble du système a été transformé en $^{14}CO_2$. En absence de vers les composés illuviés dans le sol se comportent différemment. Les variations sont plus brusques et moins émoussées.

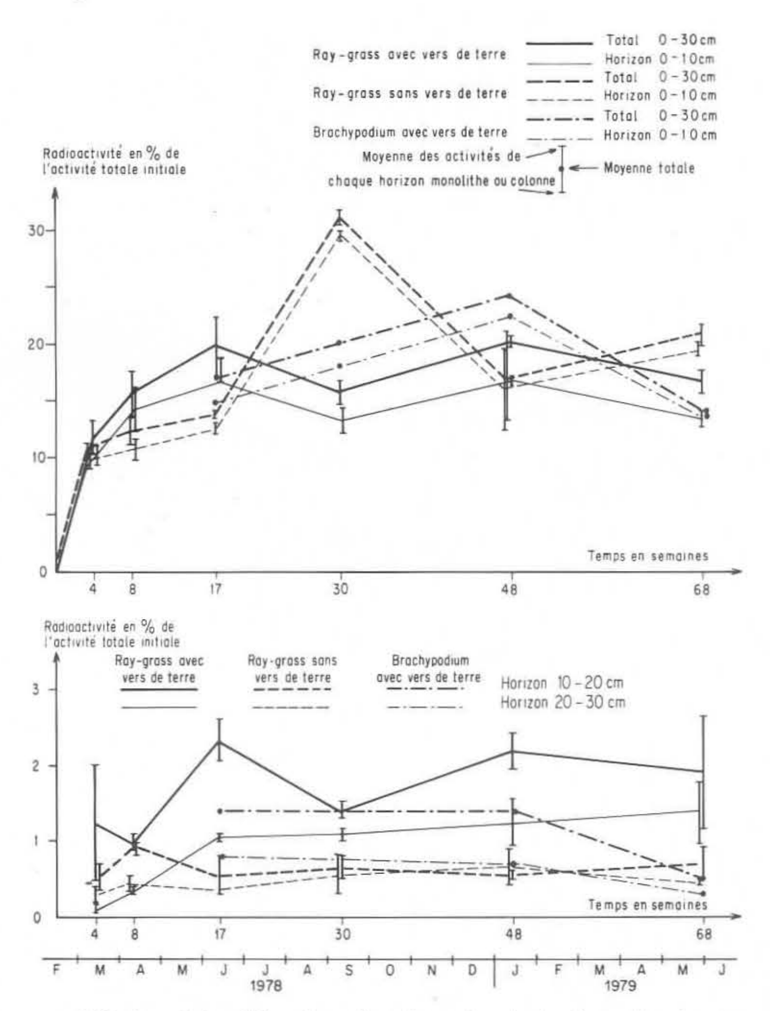


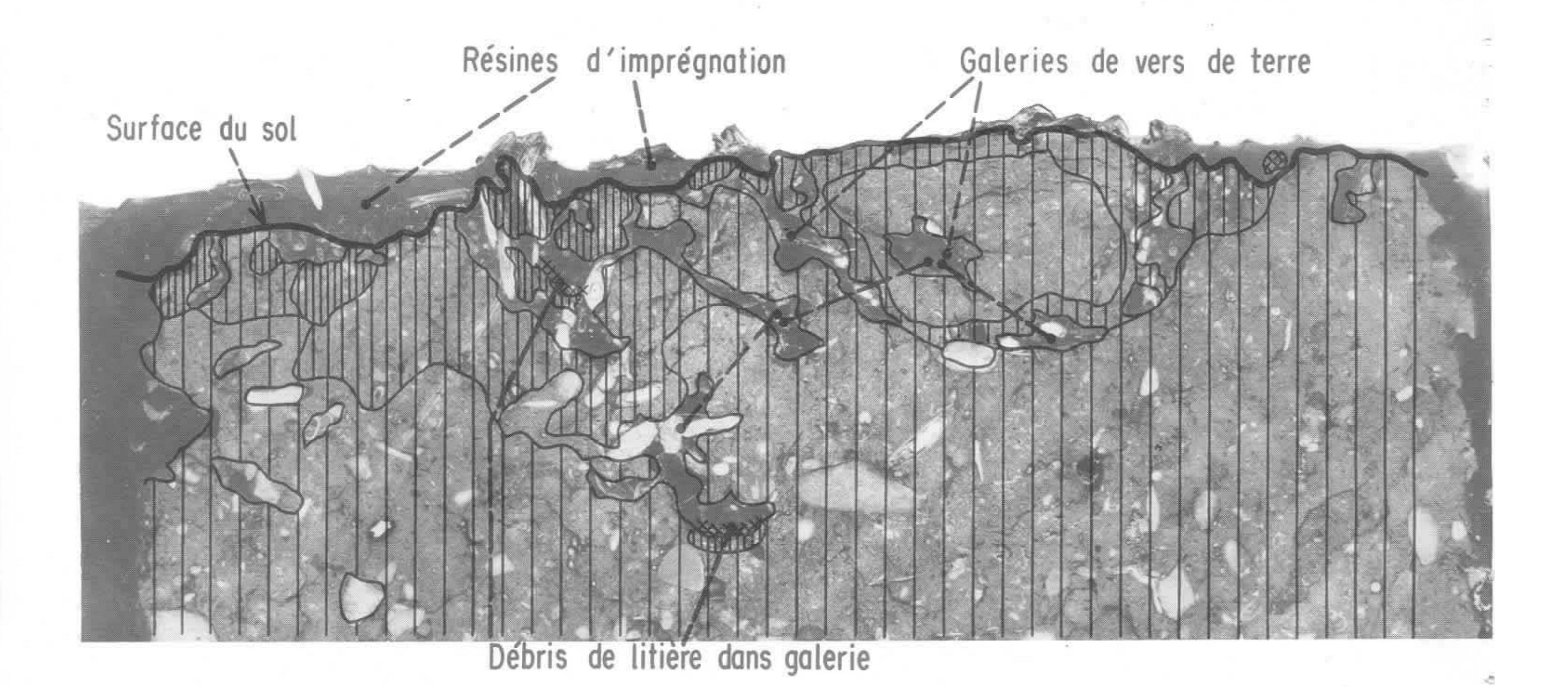
FIG. 3. – Répartition du radiocarbone dans les horizons du sol.

Après une phase lente, apparaît un pic important à 30 %, à l'entrée de l'automne, puis la radioactivité décroît rapidement durant l'hiver. Cette diminution n'est pas due à une illuvation vers les horizons plus profonds mais à une minéralisation.

C) Autoradiographie

Elle a été réalisée uniquement sur les prélèvements de juin 1978 (17 semaines) et de janvier 1979 (48 semaines) et seulement sur des monolithes avec Ray-grass et vers de terre. Sur les autoradiogrammes, les images dues à la radioactivité vont du très foncé jusqu'à des taches très légères et diffuses. Afin de pouvoir superposer les photographies des lames de sol et les autoradiogrammes correspondants, ces derniers ont été redessinés en regroupant l'intensité de l'image en quatre types de nuances du plus foncé au plus clair. La figure 4 montre la photographie et en surimposition le schéma de l'autoradiogramme correspondant.

Sur les photographies on voit en surface un sol très aéré, constitué de turricules plus ou moins anastomosés dus aux vers de terre, avec des vides que traversent les tiges des graminées. Plus en profondeur, l'aération du sol est essentiellement due aux galeries des lombrics. Dans le prélèvement de juin 1978 (17 semaines), une radioactivité très légère (hachures très espacée) imprègne l'horizon de surface jusqu'à une profondeur de l'ordre de 8 cm. Elle est répartie dans tout l'horizon d'une manière relativement uniforme. Elle est probablement due à une illuvation de composés hydrosolubles ; en effet le marquage est trop régulier et homogène pour être dû aux vers de terre. Il ne s'agit pas non plus de $^{14}CO_3Ca$, puisque ce voile se maintient par traitement de la surface de la lame avec HCl, mais disparaît par traitement à l'hypochlorite de Na. Dans ce prélèvement de juin, les tâches fortement marquées sont peu abondantes et si elles existent, elles sont surtout concentrées à la surface du sol (0 à 2 cm). Cependant sur ce même autoradiogramme, on observe dans certaines galeries des taches très foncées et nette-



Monolithe prélevé après 17 semaines

Surface du sol

Turricules de vers de terre

Résines d'imprégnation

Galeries de vers de terre

1 cm

Intensité décroissante du marquage

Monolithe prélevé après 48 semaines

FIG. 4. – Photographies et autoradiogrammes des coupes de sol ; photographies des lames de sol provenant des monolithes avec Ray-grass + vers de terre. En surimposition : figuration des autoradiogrammes correspondants.

ment délimitées. Ce sont des débris de litière marquée entraînés par l'eau de pluie dans des galeries préexistantes. Ils ne sont pas enfouis par la faune.

Le prélèvement de janvier 1979 (après 48 semaines) a un autre aspect. Le voile homogène et faible a disparu. Les composés hydrosolubles ont probablement été minéralisés dans une proportion telle, que le ^{14}C subsistant est en concentration trop faible pour impressionner le film. Par contre, un grand nombre de taches fortement marquées sont apparues, elles sont fréquentes dans la tranche 0-5 cm mais apparaissent également au-delà en particulier au contact des galeries de vers de terre. Leur contour est généralement net. Il s'agit de matériel marqué finement broyé par les vers de terre, mélangé à la terre fine et incorporé au sol. Un grossissement de ces plages montre de fines particules végétales très fortement marquées, dans une matrice moins radioactive. Les particules sont des morceaux de litière broyés par les lombriciens ; ils ont été mélangés au sol dans le tube digestif et le faible marquage de la matrice correspond peut-être au mucus que les vers de terre sécrètent ou aux composés humifiés.

Dans les horizons 10-20 et 20-30 cm les autoradiogrammes révèlent très peu de marquage. Dans les prélèvements de janvier 1979, on observe cependant tout à la base de l'horizon organique (25-30 cm) des logettes où les lombriciens sont en quiescence durant la saison sèche. Ces cavités sont parfois tapissées de sol marqué, ce sont les seules traces de radioactivité au-delà de 10 cm de profondeur et elles sont rares.

Dans les monolithes + vers de terre, le ^{14}C de la litière est enfoui par la faune ; il migre aussi sous forme de composés hydrosolubles ou pseudosolubles. Il semble selon ces résultats, que ce dernier processus soit important au début de l'expérience mais que la minéralisation des composés illuviés soit également rapide. Dans le prélèvement de janvier par contre, l'enfouissement par la faune du sol a laissé des traces importantes et durables et la minéralisation est plus lente.

III. DISCUSSION

Le modèle proposé ici est extrêmement simplifié et global et pourtant le dispositif expérimental n'a pas permis de mesurer tous les flux entre compartiments. Il a été possible d'estimer la vitesse de disparision de la litière, mais non la part de ce qui passe dans le sol et de ce qui est directement transformé en CO_2. De même le dispositif a permis de mesurer la variation du ^{14}C dans le sol et ses horizons mais non les flux du compartiment litière vers le sol ou entre horizons, ni la sortie sous forme de $^{14}CO_2$. Enfin ce dernier a été calculé globalement, sans connaître la proportion de CO_2 qui vient de la litière, et celle du sol.

L'introduction de vers de terre dans le système a nécessité l'utilisation de surface et de volume de sol importants et le souci de perturber le sol et la végétation le moins possible a entraîné une certaine hétérogénéité dans les résultats.

Dans ces milieux très hétérogènes, l'autoradiographie par contre s'est avéré intéressante pour distinguer des composés marqués arrivés dans le sol, sous des formes très différentes.

Si on considère au niveau le plus global les vitesses de minéralisation de l'ensemble du système, c'est-à-dire la production de $^{14}CO_2$ à partir de [^{14}C litière + ^{14}C sol] on constate qu'elle est au bout d'un an, en présence de lombrics, de 80 % pour le Ray-grass et de 65 à 70 % pour le Brachypode ; en absence de vers, elle est de 70 % pour le Ray-grass. Si on compare ces données à celles obtenues à partir d'expériences où le matériel végétal marqué est directement enfoui dans le sol, les différences ne sont pas très importantes : Jenkinson (1965) en Grande Bretagne trouve avec du Ray-grass 65 à 70 %, et Sauerbeck et Gonzalez (1977) en RFA, 65 % et à Costa Rica 70 %. Le matériel végétal enfoui en sol de culture ou disposé en litière dans une formation herbacé, minéraliserait donc au bout d'un an à des vitesses comparables. Il s'agit cependant là de données provenant de climats différents.

Au niveau de la litière 90 à 95 % du matériel a disparu en un an. Cette disparition rapide se manifeste autant en présence de lombrics qu'en leur absence et aussi bien avec du Ray-grass qu'avec du Brachypode, matériel réputé difficilement biodégradable. Des différences dans les vitesses de disparition apparaissent surtout les premiers mois. Il semble que le Brachypode et le Ray-grass en absence de lombriciens nécessitent un temps de conditionnement plus long avant de disparaître mais que les résultats soient identiques au bout d'un an.

La variation de ^{14}C dans le sol dépend des vitesses de minéralisation du matériel dans la litière et dans le sol, de l'enfouissement par la faune et de l'entrainement par l'eau. Dans l'expérience en absence de vers ce dernier processus a été isolé. A partir des mesures de la

variation du ^{14}C dans le sol, il n'a pas été possible de formuler un modèle mathématique, comme l'ont fait les auteurs déjà cités à partir de leurs expériences d'incorporation du matériel végétal marqué en une seule fois au temps 0. De tels modèles sont probablement applicables ici mais on ne connaît pas le rythme d'arrivée du matériel végétal dans le sol ni l'état de décomposition de la litière au moment de son enfouissement.

En présence de lombrics, l'augmentation du radiocarbone dans le sol se fait au même rythme que la disparition de la litière ; elle est rapide pour le Ray-grass et plus lente pour le Brachypode. Dans les deux cas les processus sont probablement identiques, puisque au moment où apparaît le maximum de ^{14}C dans le sol, la distribution du radiocarbone entre ^{14}C dans le sol, ^{14}C dans la litière et ^{14}C déjà minéralisé est identique, alors que les pics apparaissent à des époques très différentes. Dans le cas de l'illuviation de composés en absence de vers, la variation de ^{14}C dans le sol est beaucoup moins tamponnée.

Ces résultats montrent nettement qu'au bout de 16 mois d'expérience et pour ces sols calcaires et argileux en milieu herbacé, la litière n'intervient dans la dynamique de la matière organique que dans les 10 premiers centimètres ; l'essentiel se situant même dans la tranche 0-5 cm. Ceci a lieu même en présence de vers de terre du type anécique, c'est-à-dire qui se nourissent en surface et se déplacent essentiellement dans les galeries verticales. L'analyse morphologique témoigne en effet d'une distribution encore importante de galeries dans les horizons profonds ; mais les autoradiogrammes montrent que dans leur déplacement profond les vers de terre entraînent bien peu de matériel. Ils se nourrissent de la litière en surface et abandonnent également leur fécès dans les horizons proches de la surface, soit sous forme de turricules soit dans les galeries superficielles. Le radiocarbone décelé dans les logettes profondes est négligeable. Dans ces formations herbacées méditerranéennes, le profil organique profond est donc essentiellement lié au système racinaire et non à l'activité de lombriciens.

Peut être dans les années à venir la suite de ce travail mettra en évidence une distribution plus profonde du ^{14}C par reprise du matériel de surface. Cependant le ^{14}C aura disparu du compartiment litière et une fraction de celui qui est actuellement dans l'horizon A_1 de surface aura été minéralisé ; sa contribution à la matière organique des horizons plus profonds restera donc faible.

CONCLUSION

Les données apportées ici sont évidemment très globales, le but recherché était de saisir quelques éléments du flux du carbone entre les compartiments de la décomposition et entre les différents horizons. Il serait évidemment d'un certain intérêt de suivre le traceur dans diverses fractions organiques.

Cependant le souci de ce travail était de réaliser les recherches dans des conditions aussi proches que possible du terrain. Ceci entraîne une hétérogénéité dans les données telle que pour aller au delà, d'autres dispositifs devront être utilisés.

BIBLIOGRAPHIE

BOTTNER P. (1970). – La matière organique des principaux types de sols sous l'étage bioclimatique du chêne vert dans le midi de la France *Sc. du sol*, **1**, 3-18.

BOTTNER P., WAREMBOURG F. (1976). – Method for simultaneous measurement of total and radioactive carbon in soils, soil extract and plant material *Plant and Soil*, **45**, 273-277.

FUHR F., SAUERBECK D. (1968). – Décomposition of wheat straw in the field as influenced by cropping and rotation. *Isotopes and Radiation in soil organic-matter studies*, AIEA Vienne, 241-250.

JENKINSON D.S., (1965). – Studies on the decomposition of plant material in soil. I Losses of carbon from ^{14}C labelled Ray-grass incubated with soil in the field. *The Journal of Soil Science*, **16**, 104-115.

JENKINSON D.S., AYANABA A. (1977). – Decomposition of carbon 14 labelled plant material under tropical conditions *Soil. Sci. Soc. Am.* J., vol 41, 912-915.

SAUERBECK D.R., GONZALEZ M.A. (1977). – Field decomposition of carbon 14 labelled plant residues in various soils of the Federal Republic of Germany and Costa Rica. *Soil organic matter studies*, vol I, AIEA Vienne, 159-170.

SHIELDS J.A., PAUL E.A. (1973). – Decomposition of ^{14}C labelled plant materiel under field conditions. *Canadian Journal of Soil Science*, **53**, 297-306.

DISCUSSIONS

G. KILBERTUS : Peut-on dissocier le rôle des vers de terre et des microorganismes dans la dégradation de la matière organique (en prenant comme exemple pour illustrer notre question *Lumbricus herculeus* ou *Nicodrilus caleginosus) ?*

P. BOTTNER : Il me semble très difficile de dissocier ces deux activités. Je pense que le rôle des lombriciens est double : (1) ils exercent un fractionnement mécanique du matériel végétal et ceci est visible en microautoradiographie dont je n'ai pas parlé ici, (2) ils provoquent une augmentation de l'activité microbienne comme beaucoup d'auteurs l'ont montré.

J. BALANDREAU : Est-ce que la bande superficielle visible en autoradiographie ne pourrait pas être due à une activité photosynthétique des algues, refixant une partie du $^{14}CO_2$ dégagé ?

P. BOTTNER : Ceci est tout à fait possible. Cependant, je suppose que cette fixation est faible par comparaison à ce qui arrive au sol par les litières ; le dispositif expérimental permet une aération normale de la surface du sol puisque la protection supérieure des monolithes est constituée de filets de nylon à mailles de 1 mm.